

1: 放熱用ベース板
2: 絶縁基板
3: IGBT
4: エミッタ電極
5: コレクタ電極
6: エミッタ用フラスパー
12: 導電性樹脂
13: 低熱膨張部材
6a: フラスパー電極

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと直接接続する主回路配線をブスバーで構成し、上記パワー半導体チップと上記ブスバーのブスバー電極とを導電性樹脂で電気的に接続するとともに、上記ブスバー電極の、上記パワー半導体チップと隣接する部分に、上記ブスバー電極よりも低熱膨張の部材を接合したことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項2】 ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと電気的に接続する主回路配線をブスバーで構成するとともに、上記ブスバーのブスバー電極に、導電性を有する材料で構成され、上記ブスバー電極よりも低熱膨張の部材を接合し、上記低熱膨張の部材と上記パワー半導体チップとを導電性樹脂で電気的に接続したことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項3】 ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと直接接続する主回路配線をブスバーで構成し、このブスバーのブスバー電極に切り欠き部を設け、上記パワー半導体チップと上記ブスバー電極とを導電性樹脂で電気的に接続したことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項4】 ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと主回路配線の電極とを導電性樹脂で電気的に接続するとともに、上記主回路配線の電極と上記導電性樹脂との接触面の輪郭に角部がないように構成したことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項5】 1つのパワー半導体チップに対して、主回路配線の電極の接続個所を複数としたことを特徴とする請求項4記載のパワー半導体モジュール。

【請求項6】 主回路配線の電極のパワー半導体チップと接続される部分に、導電性樹脂と接触する面から上記面とは反対側の面に通ずる貫通孔を設けたことを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項7】 導電性樹脂による接続部を加圧する加圧装置を備えたことを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、モータ等の電気機器の駆動電流を制御する電力変換装置などに用いられるパワー半導体モジュール、さらに詳しくは、パワー半導体モジュールにおけるパワー半導体チップと主回路配線との電気的接続部の構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のパワー半導体モジュールの一例と

2

して、汎用のIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの主要部の断面構成図を図8に示す。図において、1はA1 (アルミニウム) やCu (銅) 等からなる放熱用ベース板、2は両面にCu等の金属の薄板が接着された、アルミナ、AlN (窒化アルミ) 等からなる絶縁基板であり、放熱用ベース板1上にはんだ等により固定される。絶縁基板2上にはIGBT等のパワー半導体チップ3が搭載されている。図8に示すIGBTは上面がエミッタ電極4、下面がコレクタ電極5となっており、コレクタ電極5ははんだ等の導電性材料により絶縁基板2上の金属薄板と電気的に接続される。6、7はそれぞれ、半導体モジュールの主回路配線の主要部をなす、エミッタ用およびコレクタ用ブスバーである。各ブスバー6、7は中継基板8と電気的に接続されるとともに、ケース外の外部配線と電気的に接続されている。中継基板8は絶縁基板2と同様、両面にCu等の金属の薄板が接着された絶縁基板であり、放熱用ベース板1上にはんだ等により固定されている。パワー半導体チップ3と中継基板8との間にはA1 (アルミニウム) ワイヤボンダ9により電気的に接続される。10はパワー半導体モジュールのケースであり、モジュール内部はシリコンゲル11によりモールドされている。

【0003】 従来のパワー半導体モジュールでは、上記のように、パワー半導体チップとブスバーとの電気的接続にA1 ワイヤボンダを用いている。一方、パワー半導体モジュールの他の電気的接続法として、モジュール外部からの圧力によって、接続される導体の接触面を加圧する圧接法による接続法があり、特に大容量用に採用されている。以上のように、従来のパワー半導体モジュールでは、パワー半導体チップと主回路配線との電気的接続法として、ワイヤボンダまたは圧接法のいずれかが採用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来のパワー半導体モジュールにおいて、パワー半導体チップと主回路配線との電気的接続にA1 ワイヤボンダを用いた構造の場合、定格5A以下の小容量のモジュールならば運転時の発熱量が小さいためワイヤボンダ接続部に問題はあまり起こらないが、それ以上の大容量モジュールになると、運転時の発熱量が大きく、温度サイクルが激しいため、パワー半導体チップ3とA1 ワイヤボンダ9との熱膨張差により生ずる熱ストレスにより、パワー半導体チップ3とワイヤボンダ9との接合面の剥離が生じやすく、長期的信頼性に欠ける等の問題があった。

【0005】 さらに詳しく説明すると、ここで言うところの熱ストレスは、通常の半導体チップを用いたものとは、ストレスモードが大きく異なる。通常の半導体チップでは、チップ自体の発熱量は小さく、主に加わる熱ストレスとしては、アセンブリ工程におけるはんだリフロ

一や信頼性評価試験時におけるヒートショックサイクルといった外的な要因によるものであるのに対して、パワー半導体モジュールにおいて大きな問題となるのは、運転時（大電流通電時）におけるパワー半導体チップ自身の大きな発熱に起因した急峻な温度サイクルが高頻度に発生するために生じる熱ストレスにある。これは、当然大容量のモジュールになるほど重大な問題となってくる。また、電鉄や鉄鋼分野で使用されるような大容量のモジュールでは、このような過酷な使用環境で、20年から30年という長期寿命が要求される。そのため、パワー半導体モジュールでは、通称「パワーサイクル試験」と呼ばれる、パワー半導体チップに断続的に大電流を通电することによって、非常に高速に温度を変化させ、しかもこれを非常に多くの回数、繰り返し行うヒートショックサイクル試験をクリアすることが要求される。このことは、文献（題名：RELIABILITY TESTING AND ANALYSIS OF IGBT POWER MODULES、著者：Peter Jacob, Marcel Held, Paolo Scacco, Wuchen Wu、出典：IEEE Colloquium on "IGBT propulsion drives" 25 April 1995）にも示されているが、従来のパワー半導体モジュールにおいては、パワーサイクル試験において、 $\Delta T_j = 70^\circ\text{C}$ の条件で、8万回～20万回でほとんどがワイヤボンダ接合部の接合面剥離モードで破壊していた。なお、ここで、 ΔT_j は1サイクル中でのチップの温度変化である。

【0006】一方、前記熱ストレス以外の問題として、パワー半導体モジュールにおいて、チップと主回路配線の電極とをワイヤボンダで接合する方式では、ワイヤの断面積が小さく、また、ワイヤボンダできる本数にも限りがある。そのため、チップ表面に形成された電極（エミッタ電極）を有効に使うことができず、電流の分流特性が悪くなったり、大容量モジュールでは、ワイヤを流れる電流密度が非常に高くなり、過電流により断線する危険性が高くなる。

【0007】さらに、パワー半導体モジュールの製造工程においては、ワイヤの接合強度を高めるため、ワイヤボンダ時の接合面への加圧力を大きくする傾向にあり、この加圧力が原因で、特にMOS系半導体チップのようにエミッタ電極面の下にゲート-エミッタ間の絶縁膜が形成されている場合、ゲート-エミッタ間の絶縁不良、チップの破壊などが起こりやすく、歩留まりを低下させるなどの問題もあった。

【0008】一方、大容量のパワー半導体モジュールにおいて従来から採用されている圧接法による電氣的接続法では、加圧力の変動がモジュールの電気特性に大きな影響を与えるため、メンテナンス性に問題があり、また、この圧接型のパワー半導体モジュールを使ったイン

バータなどの電力変換装置は、スタック構造等の大がかりな装置になるという問題点があった。

【0009】前述のように、パワー半導体モジュールにおいては、パワー半導体チップ自身の発熱による急峻で高頻度な温度変化の繰り返しの下で、パワー半導体チップと銅やアルミニウム等の金属のように線膨張係数が大きく異なっている材料との接続部に、長期間にわたって安定に大電流を通电することが可能な電氣的接続を確保する必要があるが、特に近年、パワー半導体モジュールの大容量化やコンパクト化、高速スイッチング化等に伴い、パワー半導体チップの発熱密度が非常に高くなってきており、電氣的接続の長期的信頼性の確保は、パワー半導体モジュールにとって最重要課題である。

【0010】本発明は、上記のような種々の問題点を解決するためになされたものであり、特に、パワー半導体モジュールに強く要求される電氣的接続の長期信頼性を得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の構成によるパワー半導体モジュールは、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと直接接続する主回路配線をブスバーで構成し、上記パワー半導体チップと上記ブスバーのブスバー電極とを導電性樹脂で電氣的に接続するとともに、上記ブスバー電極の、上記パワー半導体チップと隣接する部分に、上記ブスバー電極よりも低熱膨張の部材を接合したものである。

【0012】また、本発明の第2の構成によるパワー半導体モジュールは、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと電氣的に接続する主回路配線をブスバーで構成するとともに、上記ブスバーのブスバー電極に、導電性を有する材料で構成され、上記ブスバー電極よりも低熱膨張の部材を接合し、上記低熱膨張の部材と上記パワー半導体チップとを導電性樹脂で電氣的に接続したものである。

【0013】また、本発明の第3の構成によるパワー半導体モジュールは、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと直接接続する主回路配線をブスバーで構成し、このブスバーのブスバー電極に切り欠き部を設け、上記パワー半導体チップと上記ブスバー電極とを導電性樹脂で電氣的に接続したものである。

【0014】また、本発明の第4の構成によるパワー半導体モジュールは、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと主回路配線の電極とを導電性樹脂で電氣的に接続するとともに、上記主回路配線の電極と上記導電性樹脂との接触面の輪郭に角部がないように構成したものである。

【0015】また、本発明の第5の構成によるパワー半導体モジュールは、第4の構成において、1つのパワー半導体チップに対して、主回路配線の電極の接続箇所を複数としたものである。

【0016】また、本発明の第6の構成によるパワー半導体モジュールは、第1ないし第5のいずれかの構成において、主回路配線の電極のパワー半導体チップと接続される部分に、導電性樹脂と接触する面から上記面とは反対側の面に通ずる貫通孔を設けたものである。

【0017】また、本発明の第7の構成によるパワー半導体モジュールは、第1ないし第6のいずれかの構成において、導電性樹脂による接続部を加圧する加圧装置を備えたものである。

【0018】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、本発明の実施の形態1を図を用いて説明する。以下ではパワー半導体チップとしてIGBTを用いたパワー半導体モジュールについて説明する。図1は本発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を

示す図である。図1において、1はAlやCu等の放熱用ベース板、2は両面にCu等の金属の薄板が接着されたAlN等の絶縁基板であり、放熱用ベース板1上にはんだ等により固定される。絶縁基板2上には、IGBT等の半導体チップ3が搭載されている。IGBT3は上面がエミッタ電極4、下面がコレクタ電極5となっており、コレクタ電極5ははんだ等の導電性材料で絶縁基板2上の金属薄板と電気的に接続される。この場合、IGBT3と絶縁基板2との線膨張係数差は小さいので、はんだのように硬い材料であっても、熱ストレスによるクラックは生じにくい。6は主回路配線の主要部を構成するエミッタ用ブスバーであり、IGBT3のエミッタ電極4に接触するブスバー電極6aを備えている。12はIGBT3のエミッタ電極4とブスバー電極6aとを接続する導電性樹脂である。13はエミッタ用ブスバー電極6aのパワー半導体チップ3と隣接する部分に接合される低熱膨張の部材である。

【0019】ここで、パワー半導体チップと主回路配線との電気的接続に導電性樹脂を用いる理由について説明する。従来のように、パワー半導体モジュールにおいて、特にIGBT等の半導体チップとAlワイヤボンドとを電気的に接続する場合、例えば、パワー半導体チップの線膨張係数が3~4ppm/℃であるのに対し、Alワイヤの線膨張係数は24ppm/℃であって、熱膨張差が非常に大きく、運転時に生じる急激な温度サイクルによって、急激で高頻度な熱ストレスが発生し、接続部の剥離等の問題が生じ易く、電気的接続部の長期信頼性に問題があった。導電性樹脂は、はんだ等の他の接合用導電性材料に比べて弾性率が低く、熱ストレス緩衝用材料として使用されている。しかし、導電性樹脂は金属

に比べれば体積抵抗率が非常に大きく、大電流を扱う用途には使用できないというのが、一般的な認識となっている。例えば配電システムへの導電性樹脂の導入は、導電性樹脂部でのジュール損失が致命的な欠陥であり、現実的ではなかった。しかし、半導体による電力変換装置では、パワー半導体チップ自身の通電時のON電圧が数Vと大きく、非常に大きな発熱を生じる。したがってパワー半導体モジュール内の電気的接続部としては、他の重電分野におけるような、低抵抗、低損失は必ずしも必要でなく、パワー半導体チップのON電圧、発生損失(ジュール損失)に比べて十分無視できる程度であればよい。

【0020】以上を整理すると、パワー半導体モジュールにおける電気的接続部として、満たすべき最も重要な条件として次の2つがある。

(1) モータ駆動電流のような大電流を通電する能力を有し、かつ通電時での電気的接続部における発生電圧および発生損失が、パワー半導体チップにおける発生電圧および発生損失に比べ十分小さいこと。

(2) パワー半導体チップの発熱に起因する、急峻で高頻度な熱ストレスに対して、上記(1)の条件を長期にわたって満足すること。

【0021】パワー半導体モジュールでは、数十A/cm²以上の電流を定常的に通電する必要が生じる場合があるが、導電性樹脂をこのような大電流通電部に適用した例はこれまでない。そこで発明者らは、パワー半導体モジュールにおける電気的接続部への導電性樹脂の適用の可能性を検討するため、大電流通電試験およびパワー

サイクル試験等のヒートショックサイクル試験を実施し、導電性樹脂がパワー半導体モジュールの電気的接続部に十分適用できることを見出した。本発明は、これら数多くの実験結果より得られた知見のもとになされたものである。

【0022】また、本発明の実施の形態1では、パワー半導体チップ3と接続されるブスバー電極6aにブスバー電極材料よりも低熱膨張の部材を接合していることを特徴としている。この低熱膨張部材13は、ブスバー電極6aが銅製である場合には、それよりも熱膨張率が小さい材料であれば、導電性の有無等は関係なく選択できる。例として、アルミナ、シリカ等のセラミック材料や、Mo、Cu-Mo合金、Fe-42Ni合金等の金属材料が好適に使用されるが、これらに限定されるものではない。

【0023】ブスバー電極6aとパワー半導体チップ3が接合される位置にあわせて、低熱膨張部材13をブスバー電極6aに接合することにより、ブスバー電極6aの熱膨張が低熱膨張部材13の存在により抑えられるため、ブスバー電極6aのパワー半導体チップ3と接合される部分の熱膨張係数が小さくなり、半導体チップ3とブスバー電極6aとの熱膨張のミスマッチが小さくなる

ために、熱ストレス緩衝用材料としての導電性樹脂12への負担が抑えられ、ひび割れ、剥離等の導電性樹脂12の劣化が防げる効果があり、電気的接続部分の信頼性が向上する。

【0024】なお、ここで用いられる導電性樹脂12としては、体積抵抗率が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下のものが好ましい。これは、例えば、体積抵抗率 $10\Omega\cdot\text{cm}$ 程度のもので、導電性樹脂部で発生する抵抗により、パワー半導体チップの動作に悪影響を及ぼすことがあるためである。また、導電性樹脂部12で発生する熱が大きくなることにより、ヒートシンク、絶縁基板等、モジュール内部を含めた他の構造を変更しなければならない問題がでてくる。

【0025】また、ここで用いられる導電性樹脂12の弾性率は、 $3000\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下であることが好ましい。例えば、弾性率 $5000\text{kgf}/\text{mm}^2$ の導電性樹脂を用いた場合、樹脂の靱性が低いため、パワー半導体チップ3とブスパー電極6aの熱膨張差による熱ストレスを吸収できなくなる場合がある。

【0026】さらに、ここで用いられる導電性樹脂12のマトリクス材料としては、エポキシ樹脂が好適に用いられるが、これに限定されず、本実施の形態で述べた体積抵抗率および弾性率を満足する材料であれば、他の材料、例えば、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂なども使用できる。同様に、充填する導電性フィラーについても、通常は、導電率や安定性等の理由により、銀フィラーが好適に用いられるが、例えば、銅、金、白金、ニッケル、カーボン等のフィラーも、本実施の形態で規定した体積抵抗率と弾性率を満たすものであれば使用できる。

【0027】実施の形態2. 実施の形態1では、低熱膨張部材13はブスパー電極6aの導電性樹脂接続部と反対側に接合されていたが、ブスパー電極6aと導電性樹脂12との間に低熱膨張部材13が介在するように、ブスパー電極6aに接合してもよい。図2はこのような本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を示す図である。

【0028】この場合、低熱膨張部材13には、低熱膨張性の他にも導電性であることが要求される。そのため、Mo、Cu-Mo合金、Fe-42Ni合金等の低熱膨張の金属材料が望ましいが、CF（カーボンファイバ）/Alなどの複合材料であっても、所定の導電率および熱膨張係数を満たせば使用することができる。

【0029】図2に示すように、ブスパー電極6aに接合され、かつ半導体チップ3との熱膨張率差が小さな導電性の低熱膨張部材13を、導電性樹脂12で直接半導体チップ3と接続することにより、接続界面に加わる熱ストレスを低減でき、電気的接続部の長期信頼性の向上に非常に効果がある。

【0030】実施の形態3. 図3(a)及び(b)は本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図及び平面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を示す図である。本実施の形態3のパワー半導体モジュールは、図3に示すように、導電性樹脂12によりブスパー電極6aとパワー半導体チップ3との電気的接続がとられており、また、パワー半導体チップ3と接続されるブスパー電極6aの導電性樹脂12と接触する部分には、短冊状の切り込み（切り欠き部）がある。パワー半導体チップ3とブスパー電極6aを接続する場合、接触抵抗を小さくするためには、チップの有効面のできるだけ広い面積を一括で接続する方が有利である。しかしながら、熱膨張率の異なる材料が大面積で接続されるのは、ストレス的には厳しくなる。そこで、このような切り欠き部を設けることで、発生した熱ストレスを緩和することができ、電気的接続の長期信頼性が向上する効果がある。また、同時に、導電性樹脂中および接続界面に気泡が残存しにくい効果もある。

【0031】実施の形態4. 図4(a)は本発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を示す図である。また、図4(b)はパワー半導体チップと導電性樹脂、およびブスパー電極と導電性樹脂との接触面の輪郭を示す図であり、12aは上記接触面の輪郭を示している。

【0032】パワー半導体チップ3と導電性樹脂12、およびブスパー電極6aと導電性樹脂12との接触面の輪郭12aは、できれば円形が望ましい。しかし、電流が流れる用途では、上述の通り、少しでも電流密度および接触抵抗を小さくする必要があり、接触面積を広げるために、図4(b)のように、矩形にして半導体チップおよびブスパー電極の形状に近づけ、さらに接触面の角部をR加工している。

【0033】このような構造にすることにより、電気的接続の長期信頼性を向上させることができる。通常、熱膨張係数の異なる材料同士の接合部において、熱ストレスによる破壊は、ストレスが集中する角部分から開始する。図4(b)に示すように、最もストレスの集中の起こりやすい角部をR加工し、クラックの起点となる所をなくすことによって、破壊の開始、さらには最終破壊に至る時間を伸ばすことができ、電気的接続部の長寿命化に効果がある。

【0034】なお、図4(a)において、導電性樹脂12と接続する主回路配線側の電極は、実施の形態1に見られるようなブスパー電極6aで表しているが、図4(c)に示すように、一旦導電性のパッド板14を導電性樹脂12でチップ3に直接接続し、そのパッド板14上にワイヤボンダ9、または薄板電極、または平板電極を接続するような形態でもよく、この際に、パワー

半導体チップ 3 と導電性樹脂 12、およびパッファ板 14 と導電性樹脂 12 との接触面の輪郭 12a を図 4

(b) と同様にすれば、本実施の形態 4 と同様の効果がある。

【0035】実施の形態 5. 図 5 (a) は本発明の実施の形態 5 によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を示す図である。また、図 5 (b) はパワー半導体チップと導電性樹脂、およびブスパー電極と導電性樹脂との接触面の輪郭を示す図であり、12a は上記接触面の輪郭を示している。本実施の形態では 1 チップ当たりの電極の接続箇所を複数 (図 5 では 5 箇所) としている。また、各接続箇所における接触面の輪郭 12a を円形等の角部がない形状としている。

【0036】図 5 のような構造にすることにより、1 接続部当たりに発生する熱ストレスを低減することができ、かつ 1 チップ当たりの接続箇所が複数になることで、電気的接続部の長期信頼性の向上に効果がある。

【0037】なお、図 5 (a) において、導電性樹脂 12 と接続する主回路配線側の電極は、実施の形態 1 に見られるようなブスパー電極 6a で表しているが、図 5 (c) に示すように、一旦導電性のパッファ板 14 を導電性樹脂 12 でチップ 3 に直接接続し、そのパッファ板 14 上にワイヤボンダ 9、または薄板電極、または平板電極を接続するような形態でもよく、この際に、図 5 (b) と同様に、1 チップ当たりの電極の接続箇所を複数とし、各接続箇所における接触面の輪郭 12a を円形等の角部のない形状にすれば、本実施の形態 5 と同様の効果がある。

【0038】また、本実施の形態 5 では図 5 に示すように、導電性樹脂 12 の形状や配置箇所により、1 チップ当たりの電極の接続箇所や接触面の輪郭 12a を定めていたが、導電性樹脂 12 は半導体チップ上に面状に形成し、ブスパー電極またはパッファ板の、パワー半導体チップと対向する面に凹凸を設けて 1 チップ当たりの電極の接続箇所を複数とし、さらに凸部の形状を円形として、各接続箇所における接触面の輪郭 12a に角部がないようにしてもよい。さらに、パッファ板を複数個用いることで 1 チップ当たりの電極の接続箇所を複数としてもよい。

【0039】実施の形態 6. 図 6 は本発明の実施の形態 6 によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を示す図である。図 6 において、導電性樹脂 12 によりパワー半導体チップ 3 と接続されるパッファ電極 6a には、導電性樹脂 12 と接触する面からチップ 3 と反対側に至る貫通孔 16 があけられている。

【0040】このような構成にすることにより、導電性樹脂内部および接続界面に気泡の残存を防ぐ効果がある。即ち、導電性樹脂は、はんだ等に比べて粘度が低

く、基本的に気泡は残存しにくい、パワエレ用途では、接続面積が大きくなる傾向があるので、接続面の中心部分に気泡が残る場合がある。また、大電流が流れる用途では、気泡の存在による抵抗の増加および抵抗分布の不均一が大きな問題になることもあり、好ましくない。図 6 のような構成にすることにより、仮に、導電性樹脂 12 の硬化前に気泡が存在していたとしても、硬化過程の高温時において、樹脂粘度が低下し、貫通孔 16 を通じて空気が抜けることにより、最終的に導電性樹脂内部、パワー半導体チップと導電性樹脂との界面、および導電性樹脂と電極との界面に気泡が残存することがなく、大電流通電時の接続信頼性および安定性が向上する効果が得られる。なお、図 6 において、導電性樹脂 12 と接続する主回路配線側の電極は、実施の形態 1 に見られるようなブスパー電極 6a で表しているが、これに限定されない。

【0041】実施の形態 7. 図 7 は本発明の実施の形態 7 によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図であり、半導体チップと主回路配線との電気的接続部分を示す図である。図 7 に示す本実施の形態 7 によるパワー半導体モジュールは、実施の形態 1 で示したパワー半導体モジュールに電気的接続部を加圧するための加圧装置 17 を設けたものである。

【0042】本実施の形態における加圧装置 17 には、ばねやゴム、スポンジなどの加圧部材を用いることが適している。図 7 では、上記加圧部材は、ケース 10 の天井部と、低熱膨張部材 13 との間に配置されている。なお、加圧部材には、絶縁性の材料、非絶縁性の材料共に使用可能であるが、後者の場合は、加圧部材と電気的接続部とを絶縁する方がより望ましい。

【0043】このような構成にすることにより、加圧しない場合よりも、さらにパワー半導体モジュールの電気的性能、長期信頼性を向上することができる。これは、導電性樹脂部が加圧されることにより、樹脂内の導電性粒子同士の接触がよくなり、体積抵抗率が低下し、かつ導電性樹脂とパワー半導体チップ、及び導電性樹脂と配線電極との接触抵抗が低下すること、並びに導電性樹脂とパワー半導体チップ、及び導電性樹脂と配線電極との界面の密着性が高まり、接続信頼性が向上することによる。この効果は導電性樹脂の弾性率が小さいほど効果がある。

【0044】なお、本実施の形態 7 における加圧装置 17 は、前記実施の形態 2 ～ 6 によるパワー半導体モジュールにも適用可能である。

【0045】さらに、上記各実施の形態で説明したパワー半導体チップとしては、IGBT の他に、バイポーラトランジスタ、MOS-FET、IGBT、GTO、サイリスタ、トライアック、SIT、ダイオード等のいわゆるパワー半導体と称されるものでもよく、さらにこれらを単独で使用してもよく、また、混在させて使用して

もよい。

【0046】また、以上では主として IGBT 等のパワー半導体チップのエミッタ電極と主回路配線電極との電気的接続について述べたが、これに限定されるものではなく、例えば、コレクタ電極と配線電極との接続、チップとコレクタ電極との接続、主回路配線と外部配線との接続、絶縁基板上の配線と電極との接続、ゲート配線などにも適用することもできる。

【0047】

【発明の効果】以上のように、本発明の第1の構成によるパワー半導体モジュールによれば、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと直接接続する主回路配線をブスバーで構成し、上記パワー半導体チップと上記ブスバーのブスバー電極とを導電性樹脂で電気的に接続するとともに、上記ブスバー電極の、上記パワー半導体チップと隣接する部分に、上記ブスバー電極よりも低熱膨張の部材を接合したので、パワー半導体モジュールの電気的接続部の長期信頼性が向上する効果がある。

【0048】また、本発明の第2の構成によるパワー半導体モジュールによれば、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと電気的に接続する主回路配線をブスバーで構成するとともに、上記ブスバーのブスバー電極に、導電性を有する材料で構成され、上記ブスバー電極よりも低熱膨張の部材を接合し、上記低熱膨張の部材と上記パワー半導体チップとを導電性樹脂で電気的に接続したので、パワー半導体モジュールの電気的接続部の長

期信頼性がより向上する効果がある。

【0049】また、本発明の第3の構成によるパワー半導体モジュールによれば、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと直接接続する主回路配線をブスバーで構成し、このブスバーのブスバー電極に切り欠き部を設け、上記パワー半導体チップと上記ブスバー電極とを導電性樹脂で電気的に接続したので、パワー半導体モジュールの電気的接続部の長期信頼性が向上する効果がある。また、導電性樹脂中や、チップと配線電極との接続界面に気泡が残存しにくく、接続の信頼性や安定性がより向上する効果がある。

【0050】また、本発明の第4の構成によるパワー半導体モジュールによれば、ケース内にパワー半導体チップを有するパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップと主回路配線の電極とを導電性樹脂で電気的に接続するとともに、上記主回路配線の電極と上記導電性樹脂との接触面の輪郭に角部がないように構成し

たので、パワー半導体モジュールの電気的接続部の長期信頼性が向上する効果がある。

【0051】また、本発明の第5の構成によるパワー半導体モジュールによれば、第4の構成において、1つのパワー半導体チップに対して、主回路配線の電極の接続個所を複数としたので、パワー半導体モジュールの電気的接続部の長期信頼性がより向上する効果がある。

【0052】また、本発明の第6の構成によるパワー半導体モジュールによれば、第1ないし第5のいずれかの構成において、主回路配線の電極のパワー半導体チップと接続される部分に、導電性樹脂と接触する面から上記面とは反対側の面に通ずる貫通孔を設けたので、上記各効果に加え、さらに、導電性樹脂中や、パワー半導体チップと配線電極との接続界面に気泡が残存しにくく、接続の信頼性や安定性がより向上する効果がある。

【0053】また、本発明の第7の構成によるパワー半導体モジュールによれば、第1ないし第6のいずれかの構成において、導電性樹脂による接続部を加圧する加圧装置を備えたので、パワー半導体モジュールの電気的接続部の長期信頼性がさらに向上する効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図である。

【図2】 本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図である。

【図3】 本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図及び平面構成図である。

【図4】 本発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図及び説明図である。

【図5】 本発明の実施の形態5によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図及び説明図である。

【図6】 本発明の実施の形態6によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図である。

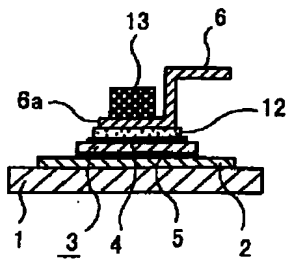
【図7】 本発明の実施の形態7によるパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図である。

【図8】 従来のパワー半導体モジュールの主要部を示す断面構成図である。

【符号の説明】

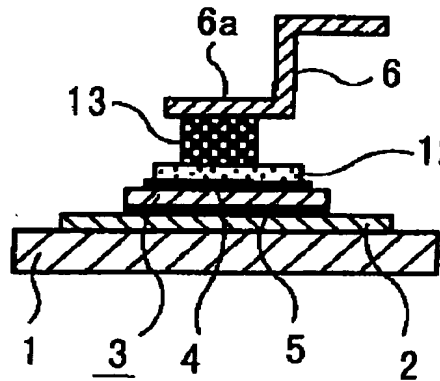
- 1 放熱用ベース板、2 絶縁基板、3 パワー半導体チップ、4 エミッタ電極、5 コレクタ電極、6 エミッタ用ブスバー、6a ブスバー電極、7 コレクタ用ブスバー、8 中継基板、9 Alワイヤボンド、10 ケース、11 シリコンゲル、12 導電性樹脂、12a 接触面の輪郭、13 低熱膨張部材、14 パッファ板、16 貫通孔、17 加圧装置。

【図 1】

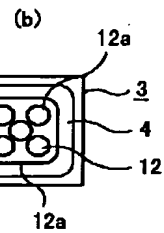
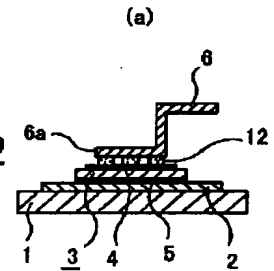


- 1: 放熱用ベース板
2: 絶縁基板
3: IGBT
4: エミッタ電極
5: コレクタ電極
6: エミッタ用ゲート
12: 導電性樹脂
13: 低熱膨張部材
6a: ゲート電極

【図 2】

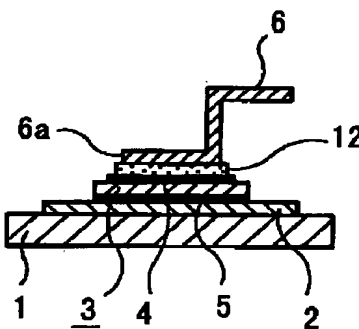


【図 5】

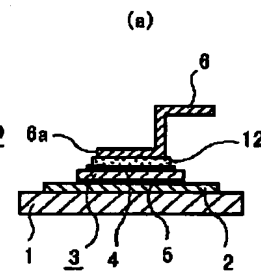


【図 3】

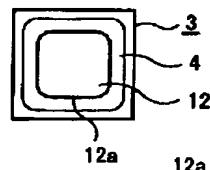
(a)



【図 4】

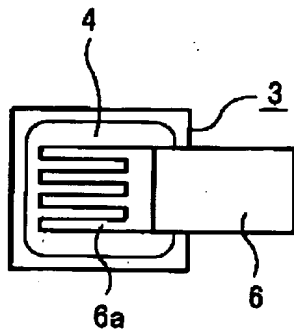


(b)

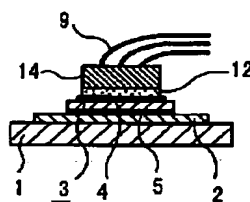


12a: 接触面の輪郭

(b)

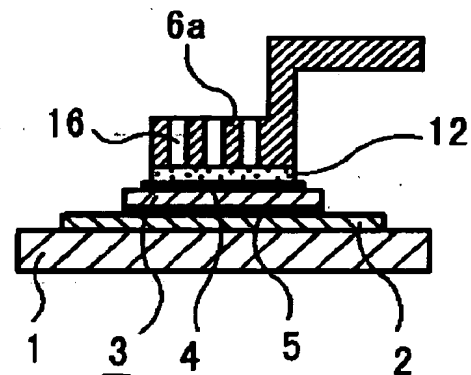


(c)



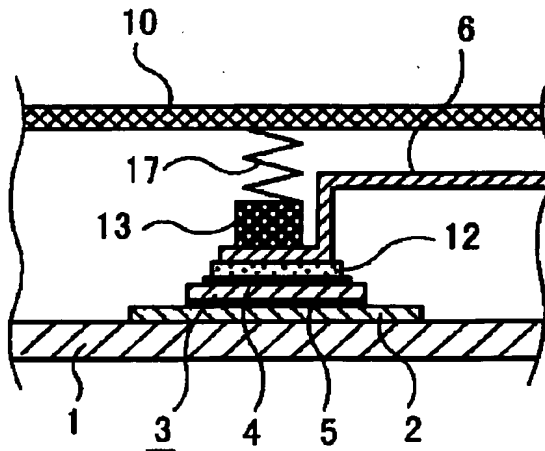
9: Alワイヤボンド
14: パッド板

【図 6】



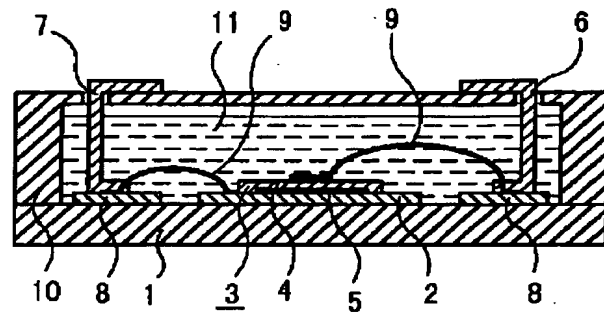
16: 貫通孔

【図 7】



10 : ケース
17 : 加圧装置

【図 8】



1 : 放熱用ベース板
2 : 絶縁基板
3 : IGBT
4 : ミッタ電極
5 : コレクタ電極
6 : ミッタ用プッシャー
7 : コレクタ用プッシャー
8 : 中継基板
9 : Alワイヤボンド
10 : ケース
11 : シリコンゲル

フロントページの続き

(72) 発明者 菊永 敏之
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 武藤 浩隆
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 木ノ内 伸一
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 碓井 修
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 大井 健史
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

F ターム (参考) 5F036 AA01 BC06 BD01